THE DIGITAL MIND

How Science Is Redefining Humanity

数字思维

科学将如何重新定义人类、思维和智能？

[葡] 阿林多·奥利维拉（Arlindo Oliveira）_著 胡小锐_译

中信出版集团

版权信息

书名:数字思维

作者:[葡]阿林多·奥利维拉

译者:胡小锐

出版时间：2020-01-01

ISBN:9787521711684

中信出版集团制作发行

版权所有·侵权必究

献给

安娜·特蕾莎

推荐序

从物理形态上看，计算机毫无生气；而要把它作为一种能思考的机器来看的话，计算机又不堪重任。我们很久以前或许有过这样的念头，但这本书的作者从未这样想过。在几年以前，甚至是几十年前，我们就听说他经常会打破和谐的对话气氛，独树一帜地提出他自己的观点。他认为，有迹象表明推动生命系统进化的自然过程正在进驻新的数字领域；随着时间的推移，这些迹象变得越发明显，结果也变得越发奇妙。那些（像我一样）被他的独树一帜的想法吓了一跳的人，一直希望听到他说出更多的惊人言论。毕竟，阿林多是这方面的权威。他杰出的学术生涯跨越了从电路设计到机器学习的多个领域，而且越来越多地涉及生物学领域。因此，对于能思考的机器的发展前景，他有很多话要说，就不足为奇了。但是，正如这本书的读者将会发现的那样，它不仅呈现了惊人的言论，而且数量之多远超我们的想象！

作为加州大学伯克利分校计算机科学专业的一名学生，阿林多还辅修了神经科学。在某种程度上，我为他的远见卓识感到庆幸。在我看来，这为他后来的成就奠定了坚实的跨学科基础，但他却一反常态地将他辅修神经科学的举动自谦为年轻时“收效不大”的冲动。事实上，早在那时他就已经对数字思维产生了一些疑问，而且这些疑问永远不会消失。当时，他得到的关于认知的答案根本讲不通。正如你将在这本书中发现的那样，阿林多乐于推测，同时能给出合理的解释，并交代清楚历史背景。我指的不是在理论上可解释，而是指有线索可循，最终的原因都能归结到包含其中的电路上。作为一名生物学家，这种无法抗拒的冲动是我们熟悉的。对复杂过程的理解总是包含多个

层级的成分，从基因到细胞，最后一直到生态系统。同样的系统性原则引导着这次通往数字思维的旅程。光是巧妙地讲故事，肯定“收效不大”。

现在，我们发现一场数字风暴席卷了我们，我们的所有感知和行为都处于这场风暴的笼罩之下。新型设备以及为之提供支持的云服务平台限定了我们的交流方式，也限定了我们的活动范围。更重要的是，在我们更加专注地思考时，这种数字机器会大大拓展我们的视野。现在，神经科学通过先天和经验学习建立的模型来预测感觉输入，对大脑如何计算这个问题有了更深入的了解。正如人们预期的那样，递归是对数字机器的一个考验，而思考如何感知传感器同样会充分调动我们的思维。在涉及有意识的计算时，有机和无机之间的界限显然不再会引发分歧。说到有意识的计算，你可能会又一次以国际象棋或围棋为借口，寻找与阿林多进行这些对话的机会（不要抱太大希望！）。关于这些问题，他已经在计算领域探索和实践了几十年，他应该就此写一本书……

我本打算在最后一段为我的这篇推荐序画上一个完美的句号。但令人意想不到的是，阿林多在这本书的最后两章讨论了我们该何去何从的问题。在探讨了数字意识的可能含义和这个进程必然展现的前景这两个问题之后，这两章并未就此打住，而是继续深入下去。这本书是按时间顺序写作的，就像小说一样，所以在这里我不会剧透。犹如阅读任何一本好书，我们不仅要回答作者提出的问题，还要回答我们自己的问题。就我个人而言，我不禁认为数字生物和数字思维的出现，也是推动生物进化迈向更复杂结构的内衡驱力（homeostatic drive）的一部分。要构建数字机器并让它处理复杂世界中难以预测的变化，除了让它学会思考之外，还有什么其他更好的方法吗？正如这本书中解释的那样，思维可能是必然的结果，包括数字思维和其他思维。相反，物理学家可能更倾向于看到更多原子载体的信息属性的表征。无论如何，我们当前的数字化更像一颗种子，必将孕育出一个更加智慧的数字未来。

最后，我要提醒大家，如果你家里有十几岁的孩子，在把这本书推荐给家人之前，你自己一定要先读完。这本书可能会让我们感到不舒服，但它其实是为新生代写的。根据我的孩子的表现，他们可能会在这本书中找到一度困扰他们的问题的答案，即我们是如何让他们陷入数字化困境的。在这种情况下，他们会像我们一样困惑不解，不知道人类为什么对这个奇妙而不可避免的结果毫无察觉。换句话说，如果这本书到了孩子的手里，你可能就很难拿回来了。

乔纳斯·阿尔梅达

美国石溪大学生物信息学家

序言

看似毫不相干的计算机科学、生物学和神经科学一直吸引着我，并以这样或那样的方式影响着我的生活和职业选择。细心的读者会注意到，本书简直就是一个大拼盘，里面有关于这些学科的很多想法——我在过去30年中遇到的各种各样的想法。这些想法大多来自我结识的多位才华横溢的作家、科学家和哲学家，有的想法是他们与我面对面时提出的，但大多是通过他们的作品表达出来的。

本书在某种程度上似乎有些多余，因为要理解书中讨论的主题，我们可以直接搜索原始资料。尽管如此，我相信没有多少人拥有像我一样的人生经历，也没有多少人像我一样有幸去过那些迷人的地方、接触过那些有趣的思想家和概念。

我很早就迷恋上了数学和科学。我总想弄清楚各种事物的工作原理，而学习科学似乎能让我在养家糊口的同时，还可以做我喜欢的事。小时候的我对科学很痴迷，有好几年我都在折腾我的那些化学实验装置。当时“安全化学装置”的概念尚未提出，我每天都会想些新方法来合成化学物质，希望可以制造出炸药或其他危险的化合物。由于没有人指导我们的化学探索活动，所以烧瓶、试管、烧杯和其他化学仪器经常会出于破裂、崩解、爆炸或其他原因而变成一堆垃圾，但这个过程为我和我的朋友提供了无尽的乐趣。此外，对我们来说，这似乎就是科学。

之后几年里，我买了一些图书、杂志，尝试自己制作一些电子产品。第一次组装电子电路时，我因为一无所知而吃尽苦头。我买回来

一个个电子元件，然后照着示意图一步步组装。画这些示意图的人都是行家，而一窍不通的我根本看不懂。

20世纪70年代末，市面上出现了非常原始版本的个人电脑。在买了几台比较原始的机器之后，我自豪地拥有了一台辛克莱ZX Spectrum计算机。这种小型个人电脑拥有48千字节的存储器和集成键盘，堪称当时的一个技术奇迹。它用一台电视机作为显示器，可以用Basic（培基，一种直译式程序设计语言）编程。它没有永久性存储器，新程序都必须保存在标准磁带录音机使用的磁带上。通常情况下，由于磁带和录音机的质量问题，我保存的程序都无法再次调用，但我仍然会投入大量时间编写程序。ZX Spectrum帮助我迈出了编程的第一步，我也自此与计算机结下了不解之缘。

在葡萄牙里斯本高等理工学院学完电气工程后，我专攻数字电路设计，这个领域当时还处于起步阶段，与许多其他通信和信息技术并行发展。具体来说，我从事的是超大规模集成电路（VLSI）的相关研究。超大规模集成电路是一个通用术语，指包含很多设备的集成电路。在极具影响力的科学家、政治家何塞·马里亚诺·加戈的主持下，葡萄牙与欧洲核子研究组织（CERN）签署了一项协议。因为这项协议，我得到了一个在日内瓦的暑期实习机会。在欧洲核子研究组织实习期间，我借助控制粒子物理实验中的高能粒子束的设备，测试了我的编程技能，并感受到物理学界对寻找支配宇宙的法则充满了热情。在日内瓦的那个夏天，我对粒子物理学的兴趣更加浓厚了。

在欧洲核子研究组织的实习结束之后，我觉得有必要进一步了解正在快速发展的数字电路领域的动向。于是，我向加州大学伯克利分校提出入学申请并被录取。这所大学擅长开发设计集成电路所需的新工具、电路和技术。在那里，我进入了集成电路设计的技术新天地，其中有很多新技术都是CAD（计算机辅助设计）小组开发的，他们当时的负责人是阿尔贝托·圣乔瓦尼–文森泰利（我的导师）、罗伯特·布雷顿和理查德·纽顿。加州大学伯克利分校在很多领域都不乏顶尖人

才，这让我有机会去了解我不熟悉的领域。其中有两个领域吸引了我，并明确了我未来的学习方向——算法和神经科学。

我在加州大学伯克利分校跟着理查德·卡普学习算法，他是算法和复杂性理论的创建者之一。建立可用于设计集成电路的算法是加州大学伯克利分校CAD小组的任务，集成电路的设计人员使用算法去创建、验证、模拟、放置和连接晶体管，晶体管是所有电子器件的工作单元。如果没有这些复杂的算法，今天的集成电路就无法设计和制造出来。

在加州大学伯克利分校，我也有机会了解到另一个即将与算法和计算机产生密切联系的领域——神经科学。我辅修了神经科学，努力掌握了一些进化、神经元和大脑方面的知识，但这足以让神经科学研究成为我的另一大爱好。当时，一些计算机科学家已经着手开发处理生物数据的算法，这个领域后来被称为生物信息学。基于我的兴趣，开发解决生物学问题的算法对我而言是一个显而易见的选择。多年来，我在这个领域做出了一些贡献。

最近，我有幸评审了人类脑计划（Human Brain Project）的一些提案。这些提案涵盖脑模拟、生物信息学和脑治疗等多个领域，让我越发意识到这些领域之间的联系的重要性。人类脑计划的目标是，使用计算机来支持脑研究。从某种程度上说，随着计算机在理解人脑这一核心问题上的应用，我的科学之旅绕了一圈后又回到了原点。

这趟旅程受到了很多人的影响。我的导师、同事和学生陪伴着我，与我一起工作，并在我取得的几个相关科学成果中发挥了重要作用。曾经和我一起工作的同事现在遍布世界各地，与他们的交流对我产生了无法用语言描述的影响。

不过，我认为在这几十年里对我影响最大的可能还是我读过的那些书，其中有几本深刻地改变了我对世界的认知，如果没有它们，我的生活肯定会与现在大不相同。当然，如果没有在我之前的许多作者

对计算、进化、智能和意识之间关系的探索，就不可能有你们现在读的这本书。

对我产生过影响的人有很多，其中有一些作者值得我在这里列出他们的名字。理查德·道金斯和史蒂芬·杰伊·古尔德让我见识到进化的奇迹。丹尼尔·丹尼特和侯世达是我从事人工智能研究的领路人，激发了我对大脑、思维和意识问题的兴趣。戴维·休伯尔清晰地描述了大脑的某些区域的组织方式，让人觉得只要多付出一点儿努力，就可以解释整个大脑的行为。史蒂芬·平克、马文·明斯基和罗杰·彭罗斯深刻地影响了我对人类思维的运转方式和智能的含义的看法，尽管在某些方面我不同意他们的观点。凯文·凯利对技术前景的想法，以及雷·库兹韦尔对技术奇点的坚定信念，也对我产生了强烈的影响。詹姆斯·沃森和约翰·克雷格·温特为我提供了关于生物科学过去50年的发展历程的独到见解。埃里克·德雷克斯勒对纳米技术前景的展望，改变了我对“非常小”的概念和对世界的看法。承现峻、奥拉夫·斯波恩斯和史蒂文·罗斯对他们参与的旨在理解大脑的项目描述，使我受到极大的启发和鼓舞。尼克·博斯特罗姆解决了本书涉及的许多问题，并且以我做梦也想不到的方式做了进一步拓展。贾雷德·戴蒙德和尤瓦尔·赫拉利深刻改变了我看待人类历史和人类进化的方式。

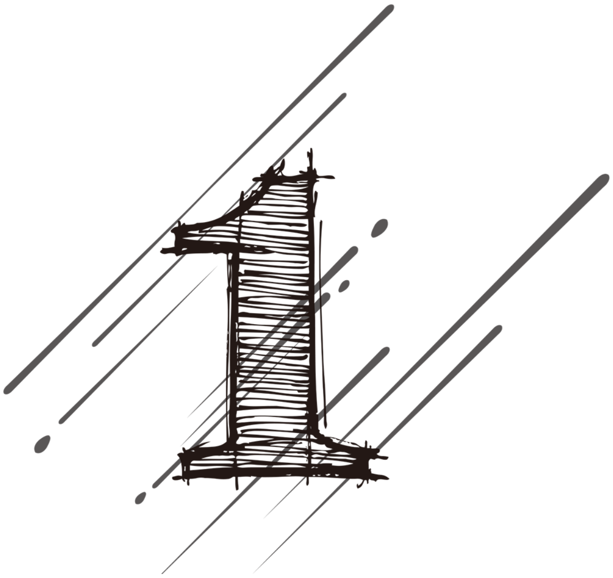
科幻小说也对我产生了强烈影响，我是一个狂热的科幻小说读者。艾萨克·阿西莫夫、亚瑟·克拉克和罗伯特·海因莱因，让我对科幻小说产生了持久的兴趣。格雷格·伊根、弗诺·文奇、尼尔·斯蒂芬森、拉里·尼文和查尔斯·斯特罗斯对未来的展望如此清晰且富有挑战性，以至于人们很容易相信它们总有一天会发生，尽管它们奇怪又令人不安。

我竭力让所有对本书谈论的话题感兴趣的人，都能轻松地读懂它。本书的目标读者是对科学和技术感兴趣的普通人，不需要事先对本书涵盖的诸多领域的知识有所了解。最后三章不包含任何技术相关内容，它们呈现了本书的中心论点，可以独立阅读。

缺乏技术背景的读者不必因为偶尔出现的方程式、图表和数学论证而沮丧。我会尽可能地提供充足的信息来帮助你们掌握一些技术细节，但在大多数情况下，你们可以通过这些附带的解释来掌握本书的核心思想，就算略过细节也不会遗漏任何重要信息。

第1章

快速奔跑的红皇后



对一个漫不经心的观察者来说，计算机、细胞和大脑似乎没有什么共同之处。计算机是人类为简化和改善他们的生活而设计的电子设备；细胞是所有生物的基本要素，是通过进化产生的生物实体；大脑是我们思想的容器和创造者，里面装着希望、恐惧和欲望。

无论如何，计算机、细胞和大脑都是信息处理设备。计算机代表最新的数字形式的信息处理方式，而在此之前，信息处理是由生物完成的，实际上就是在混沌中创建出秩序。计算机、细胞和大脑都是同宇宙一样古老的复杂物理和化学过程的结果，是进化的最新产物，是始于亿万年前的一场竞赛的胜利者。

万事万物皆相互关联

我们都是由原子构成的，原子或者产生于140亿年前标志着时间开始的大爆炸，或者产生于大爆炸后几十亿年内的遥远恒星爆发。我们的每一次呼吸都与恺撒大帝的最后一次呼吸一样，吸入的是相同的氧分子，它们被反复使用了成百上千年，维系着地球上的所有生命。我们现在知道，蝴蝶扇动翅膀确实可能会影响好几个月后的一场飓风，而一个物种能否存续，可能在很大程度上取决于地球上所有其他物种的存续。始于大约40亿年前的进化过程造就了我们，也造就了我们周围的一切，包括我们拥有和使用的许多设备及工具。

本书涉及许多个在我看来相互之间存在强联系的不同领域，包括计算机、进化、生命、大脑、思维，甚至还有一点儿物理学。你可能认为这些领域既无交集，也不相关。我将努力向你们证明，它们之间是紧密相连的，有一条共同的线把物理学、计算和生命联系在一起。我知道，本书每一章的主题都可以写成一本专著（有的主题甚至可以写成好几本专著）。对于所有这些领域，我只能点到即止，帮助读者理解其基本原理，但我希望本书的连贯性不会因此受到影响。

从某种程度上说，世间万物皆可归结为物理学。欧内斯特·卢瑟福说过，“除了物理学，其他所有科学都是集邮”，意思是物理学定律应该足以解释所有现象，而所有其他科学不过是物理学定律的不同抽象形式。但是，物理学不能用于直接解释或研究世间万物。要理解宇宙是如何运行的，就离不开计算、生物学、化学和其他学科。不过，这些学科并非毫无关联，适用于其中一个学科的原理也适用于其他学科。

我们之所以意识到一切事物都是相互关联的，在很大程度上是因为我们对世界的理解和我们掌握技术的能力得到了提升。直到最近，科学的进步才让我们理解了这样一个事实：我们接收到的日光、磁体的行为和大脑的工作原理，都可以用相同的方程来描述。仅仅几百年

之前，这些还都是互不相干的现实——对被无知蒙蔽了双眼的人类来说，这些神秘事物之间毫无关联。

科学不断提升我们对世界的理解，借着这个东风，几千年来技术以越来越快的速度不断改变着我们的生活，但“技术”（technology）一词的出现时间并不长。1772年，德国学者约翰·贝克曼创造了这个词（其本意是“工艺科学”），并在某种程度上创造了这个概念。在贝克曼创造这个词之前，技术的不同方面分别被称为工具、艺术和工艺。贝克曼在若干著作中都使用了“技术”一词，包括后来被翻译成英文的《技术或工艺、工厂和制造商知识指南》（*Guide to Technology, or to the Knowledge of Crafts,Factories and Manufactories*）。但是，在20世纪以前，“技术”一词很少在通用语中出现。20世纪下半叶，这个词在通用语中的使用频率稳步增加。今天，它是政治、社会和经济文本中的一个十分常见的词语。

随着技术的发展，人们认为创新和新颖的事物是文明的内在组分。技术、社会和经济的不断变化在我们的日常生活中根深蒂固，以至于我们很难理解并非如此的古代。几百年前，变化非常缓慢，以致大多数人都预期未来与过去区别不大。所以，少有人甚至没有人持有未来将改善人们生活的观念。当变化频繁地发生，人们不仅可以察觉到，而且可以预期变化时，一切都不一样了。随着技术的出现，人们开始期望未来会带来可以改善他们日常生活的新事物。然而，我们中的许多人现在却担心这些变化来得太快，而且影响过于深远，以至于普通人可能无法理解它们。

老年人很难适应新事物

如果你已经几十岁了，那么你可能会觉得日新月异的技术让你目不暇接，层出不穷的新设备、新时尚让你眼花缭乱，你几乎跟不上变

化的步伐。现在年轻人做的事情和用的东西对老年人来说越来越陌生，新的潮流、工具和玩具让老年人力不从心。小孩子比你更会用智能手机，打起电脑来更得心应手，会玩你不懂的游戏，还会一窝蜂地访问你不感兴趣的新网站。他们甚至不知道VCR（盒式录像机）是什么，在20世纪80年代，VCR可是一项堪称奇迹的技术，不过也是出了名的难操作。即使是CD（小型光盘）和DVD（数字光盘）这两项20世纪最后几十年才出现的数字技术，今天也快要退出历史舞台了（它们存在的时间比被它们取代的黑胶唱片和胶卷明显短得多，后两者存在了近100年）。

但是，如果你出生于21世纪，那么你会理解不了你的父辈和祖辈为什么难以适应技术创新。遇到新想法和新奇的小玩意儿时，你会轻而易举地接受它们；面对最新的应用程序、网站或社交网络时，你也会觉得驾轻就熟。

不过，我们这代人中那些受过良好教育，甚至技术纯熟的人，根本不会拒绝新技术。我们这代人发明了计算机、手机、互联网和DNA（脱氧核糖核酸）测序等许多东西。我们应该能够理解和使用技术在未来几十年里可能抛给我们的任何新事物。

我相信，技术将以日益增长的速度不断变化。就像我们的父辈和祖辈在我们之前经历的那样，我们掌握的技术知识很可能会迅速过时，而且我们难以理解、使用和跟上未来几十年的技术发展。俗话说得好：“老年人很难适应新事物。”

我们的子孙后代是否也会不可避免地落伍于时代，这将取决于技术持续改变的态势。新技术的发展会越来越快吗？抑或是我们身处技术发展的黄金时代，事物正在以前所未有的速度发生变化？

8岁的时候，我喜欢去看望我的祖父。他住在一个小村庄里，在当时的我看来，那是一个相当偏远的地方，距离葡萄牙的首都里斯本大约60英里[注]。因为道路蜿蜒崎岖，从我家开车到那里要花上半天的时

间。祖父经常驾着一辆小马车，载着我一起去田里干活。对一个小男孩来说，坐马车是一件非常兴奋的事，因为它给人一种回到过去的感觉。另外，祖父家没有电灯、冰箱、电视，也没有书，这些强化了我回到过去的感觉。因为我的祖父母都过着旧式的生活，他们认为这些“现代”技术都不是必需品。

相比之下，我的父母结婚后就离开了这个小村庄，他们更加熟悉先进的技术。他们受过教育，拥有一台电视机，甚至还买了一辆汽车。而对我的祖父母来说，这些技术毫无意义。他们对电视、报纸或书籍不感兴趣，因为里面报道或提及的大多数现实都与他们的日常生活没有任何关系。汽车、火车和飞机对那些很少走出他们的小村庄，也从未想过要走出去的人来说，同样毫无意义。

40年后，我的父母仍然拥有一台电视机，仍然读书，仍然开着车四处兜风。我本来以为，他们那代人和我们这代人之间的技术差距会大大缩小。我本来想象，40年后，在理解技术的能力方面，他们那代人与我们这代人之间的差距将会远小于他们与他们的上一代人之间的差距。然而，事实并非如此，技术差距似乎在逐代增加。我的父母现在已经80多岁了，他们从未意识到计算机是一种通用机器，可以用来玩游戏、获取信息或进行交流；他们也从不理解计算机只是复杂的信息设备网络的一个终端，可以随时随地根据人们的需要有针对性地传输信息。他们中的许多人都不知道这样一个事实：除了技术限制造成的小小不便（很快就会消失）以外，计算机完全可以取代书籍、报纸、广播、电视等几乎所有用于传递信息的设备。

你可能认为我们这代人了解计算机的功能，不会轻易地落后于技术发展。毕竟，我们中的几乎所有人都明确地知道计算机是什么，很多人甚至知道计算机的工作原理。这些知识应该能给我们一些信心，让我们认为自己不会像我们的父辈和祖辈那样，被技术的新发展超越。不过，这种自信可能是错误的，这主要是因为红皇后效应（Red Queen effect）。这个概念之所以得名，是受刘易斯·卡罗尔的名著《爱

丽丝镜中奇遇记》（*Through the Looking Glass*）中的一句话的启发："现在，你明白了吧，想要待在原地，你就必须竭尽全力地奔跑。"

红皇后效应源于这样一个事实：随着进化的持续进行，生物必须变得越来越复杂，其目的不是为了获得竞争优势，而只是为了能像系统中的其他生物一样存活下来，并变得更具竞争力。

尽管红皇后效应与进化和物种间的竞争有关，但它同样适用于竞争导致快速变化的其他所有环境，例如，商业或者技术。

我预计未来的每一代人落后于时代的程度都将远远超过他们的上一代人。30年后，我们对那时科技的了解程度甚至比不上我们的父母对今日科技的了解程度。我相信，世代淘汰的进程将不可避免地逐代继续加速，100年后，即使最基本的日常生活概念都会让我们这代人感到新奇。

克拉克第三定律指出，任何非常先进的技术都与魔法无异。在现代人眼中，100年后的科技可能非常新奇，看起来就像魔法。

从计算机和算法到细胞和神经元

新技术的出现并不是新鲜事。然而，在如此短的时间内出现了如此多的技术创新，这是前所未有的。在未来几十年里，我们将继续看到若干技术的迅速发展和融合，而在不久之前，它们还被视为互不相干。

其中一项是计算机技术，它是随着电子学和计算机科学的发展而出现的，尽管出现时间不长，但已经极大地改变了世界。计算机现在几乎随处可见，以至于对我们许多人来说，很难想象没有计算机的世界会是什么样子。然而，计算机之所以有用，只是因为它们可以执行

算法。算法无处不在，它们是计算机存在的最终原因。如果没有算法，计算机将毫无用处。

算法开发人员的工作就是寻找最有效的途径，告诉计算机如何高效、正确地执行特定计算。算法是非常详细的“食谱”——计算机执行算法给出的一系列具体步骤，就可以获得某个特定的结果。我们在学校都学过的加法运算，就是一个广为人知的算法案例。无论两个数有多大，只要我们按照这种算法给出的一个个具体步骤，就可以求出这两个数的和。加法运算是现代计算机的核心，计算机的所有应用都离不开它。

算法是通过某种特定的程序设计语言传递给计算机的。算法本身不会随着程序设计语言的变化而改变，它们只是描述如何达到某个结果的抽象指令序列。在我看来，算法设计是数学和计算机科学中最优雅、最迷人的领域之一。

算法往往是为了特定的目的而开发出来的。算法有很多应用领域，其中有两个将在未来的技术发展中发挥基础性作用。

第一个应用领域是机器学习。机器学习算法可以赋予计算机从经验中学习的能力。你可能认为计算机不会学习，而只会按照明确的指令运行，但事实并非如此。计算机的学习方式有很多种，当我们看电视、上网、使用信用卡或打电话时，我们利用的就是计算机的学习能力。在许多情况下，尽管我们无法看到实际的学习机制，但学习仍然发生了。

第二个应用领域是生物信息学，即应用算法来理解生物系统。生物信息学（亦称计算生物学）利用算法处理通过现代技术获得的生物学和医学数据。我们可以完成基因组测序，可以收集并利用有关生物机制的数据去理解生物系统的运行方式，这些在很大程度上是因为我们使用了特定的算法。生物信息学是一种能够建模和理解细胞及生物行为的技术，生物学领域取得的最新进展与生物信息学的发展有着密不可分的联系。

创造了所有生物的进化过程，在某种程度上也是一个算法。进化是在一个完全相同的平台上进行的，并且已经运行了大约40亿年，但它本质上仍是一个以生物繁殖能力最优化为目标的算法。40亿年的进化不仅创造了细胞和生物，还创造了大脑和智能生物。

尽管进化创造了各种各样的生物，各种各样的新技术也被发明出来，但人类一直是地球上高级智能的独一无二的拥有者。正是这种特性使得人类能够统治地球，并根据他们的需要和欲望来改造地球，有时还以牺牲其他重要因素为代价。

然而，技术的进化如此迅速，以至于我们现在第一次面临其他实体——我们创造的实体——真的有可能拥有智能的情况。这种可能性产生于过去50年里发生的计算机技术（包括人工智能和机器学习）革命，也产生于我们在理解生物（尤其是人体和人脑）方面取得的重大进步。计算机技术的历史只有几十年，但它已经改变了我们日常生活中的许多事物，如果没有计算机，那么我们现在看到的文明根本不可能出现。物理学和生物学也取得了巨大进步，我们第一次拥有了可用于详细了解人体和人脑工作原理的工具和知识。

今天，医疗技术的进步已经大大增加了大多数人的预期寿命，但在未来几十年里，我们控制或治愈致命疾病的能力有望实现前所未有的提升。原因在于，生物学、物理学和计算领域的新技术，有助于我们不断增进对生物过程的理解。最终，我们将实现对生物过程的充分理解，从而在计算机上复制和模拟这些过程，为医学和工程学开创新的可能性。

随着医学和计算技术的进步，我们终有一天会充分了解大脑的工作原理，并尝试用数字支持的形式复制智能，也就是说，我们可以编写一个由数字计算机来执行的程序，它会展现出智能。在本书中，我们将探索这种可能性。有若干种方法可以实现这个目标，但它们都会造成非生物思维产生并成为我们社会中一员的局面。我称它们为“数字思维”（digital mind），原因在于，几乎可以肯定的是，数字计算机技

术的存在将使它们成为可能。非生物思维可能很快就会出现在地球上，这一事实将引发一场迄今为止我们从未见过的社会革命。然而，大多数人不仅对这场革命的可能性视而不见，也看不到它将给我们的社会和政治体系带来的深刻变化。本书的另一个目的是，增加公众对这场革命的影响力的认知。

我在书中做出的大多数预测可能都是错误的。到目前为止，未来总能创造出超越人类想象力的东西，更奇怪也更具创新性和挑战性。接下来自然也不例外，如果我有幸能活到那一天，我肯定会因为那些出乎我意料的新技术、新发现而惊讶不已。不过，这就是技术的本质，做预测本就不容易，预测未来更是难上加难。

是时候开启我们的探索之旅了，它的起点是技术的起源，终点是思维的未来。我要告诉大家的第一件事是，指数增长是生命宏图中的一个内置模式，也是许多技术发展的特征之一。

---

1. 1英里≈ 1.6千米。——编者注